



**VYSOKÉ UČENÍ TECHICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ENERGETICKÝ ÚSTAV**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

## **TERMICKÉ VYUŽITÍ ODPADŮ**

THERMAL RECOVERY OF WASTE

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**JAKUB JANOVSKÝ**

**VEDOUcí PRÁCE**  
SUPERVISOR

**ING. PETR KRACÍK**

BRNO 2014



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2013/2014

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Jakub Janovský

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Termické využití odpadů**

v anglickém jazyce:

### **Thermal recovery of waste**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Náplní práce je problematika termického využití odpadů

Cíle bakalářské práce:

- popište hlavní možnosti využití odpadů a porovnejte je mezi sebou
- popište základní technologie pro termické zpracování odpadů
- popište zákonné rámce, které ovlivňují termické využití odpadů

Seznam odborné literatury:

DOHÁNYOS, Michal. Spalování kalů z čistíren odpadních vod: Brno - 10.-11. září 2003. Brno: Asociace čistírenských expertů České republiky, 2003, 83 s. ISBN 80-239-1380-8.

OBROUČKA, Karel. Termické odstraňování a energetické využívání odpadů. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, 2001, 140 s. ISBN 8024800098.

Firemní literatura

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Kracík

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 9.10.2013

L.S.

---

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá problematikou termického využití odpadů. V první části práce jsou popsány jednotlivé možnosti využívání odpadů a uvedeny jejich výhody a nevýhody. Druhá část práce se zabývá jednotlivými termickými metodami. Třetí část práce se zaměřuje na legislativní rámce vymezující termické využívání odpadů v České republice.

## **Abstract**

The bachelor's thesis deals with waste to energy topic. The first part describes methods of waste utilization their advantages and disadvantages. The second part describes waste to energy. Legislation defining waste to energy in the Czech Republic is described in the third part.

## **Klíčová slova**

Odpad, termické využití odpadů, spalovna odpadu, legislativa

## **Key words**

Waste, waste to energy, waste incinerator, legislation



## **Bibliografická citace**

JANOVSKÝ, J. *Termické využití odpadů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 38 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Kracík.





## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalařskou práci vypracoval samostatně a v seznamu literatury jsem uvedl všechny použité zdroje.

V Brně dne: .....

.....

Jakub Janovský



## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Kracíkovi, za jeho cenné rady a připomínky při tvorbě práce.

Rád bych také poděkoval mé rodině a svým blízkým za projevenou pomoc a podporu během studia.



## Obsah

Úvod.....	- 14 -
1 Odpad.....	- 15 -
2 Možnosti využití odpadů .....	- 17 -
2.1 Recyklace .....	- 18 -
2.2 Skládkování.....	- 19 -
2.3 Biologické metody .....	- 20 -
2.4 Termické metody .....	- 22 -
3 Technologie pro termické metody zpracování odpadů.....	- 22 -
3.1 Zařízení pro termické využití odpadů .....	- 22 -
3.2 Spalování odpadů.....	- 23 -
3.3 Pyrolýza odpadů.....	- 26 -
3.4 Zplyňování odpadů.....	- 27 -
4 Legislativní rámce ovlivňující nakládání s odpadem .....	- 28 -
4.1 Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů č. 185/2001 Sb. ....	- 28 -
4.2 Zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. ....	- 30 -
4.3 Vyhláška o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší č. 415/2012 Sb.....	- 31 -
Závěr .....	- 35 -
Použitá literatura .....	- 36 -
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	- 38 -

---

## Úvod

Odpad provází lidstvo už od nepaměti. Dokud lidé žili kočovným způsobem, tak jim odpad nezpůsoboval žádné problémy. Jelikož byla většina tehdy používaných věcí přírodního původu, rychle se rozložila a vrátila do přírodního koloběhu. Problémy nastaly v průběhu neolitické revoluce, kdy se vlivem změny způsobu života civilizace začaly hromadit odpady na jednom místě. První náznaky odpadového hospodářství byly ve starověkém Řecku a Římě, kde využívali důmyslné systémy kanalizací, do kterých odpad shromažďovali. Se zánikem této vyspělé civilizace zanikají veškeré snahy nakládání s odpadem ve středověké Evropě. Zlom nastal až v 19. století, kdy v Anglii vznikl ústřední statistický úřad, který provedl hygienické průzkumy v 50 britských městech a zjistil, že tehdejší hygienické nároky splňuje jen jedno město. Vznikly první skládky odpadu, na které se odvážely tuhé odpady. Se stále se rozrůstající populací přibývalo odpadů a kapacita skládek byla nedostatečná. Logickým vyřešením této situace bylo spalování odpadů, které radikálně zmenšuje jeho objem. První velké spalovny odpadu vznikly v sedmdesátých letech 19. století. [17]

Stále se rozrůstající lidská populace a neustále se zvyšující produkce odpadů vyžaduje trvale udržitelný plán odpadového hospodářství. Tento odpadový plán je určen evropskými normami, které jsou pak převzaty v českém právním řádu.

## 1 Odpad

Odpad je definován v zákoně číslo 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů jako každá movitá věc, které se osoba zbavuje, nebo má úmysl, nebo povinnost se jí zbavit. [22]

Odpady, vznikají ve všech oblastech lidské činnosti a dají se rozdělit dle jejich původu na odpady z výrobní činnosti a odpady ze spotřeby. Pod odpady z výrobní činnosti spadají veškeré průmyslové odpady a odpady ze zemědělství a lesnictví. Pod odpady vznikající spotřebou jsou pak zařazeny odpady komunální, odpady z dopravy a odpady ze zdravotnických zařízení.

### Odpady z průmyslové činnosti

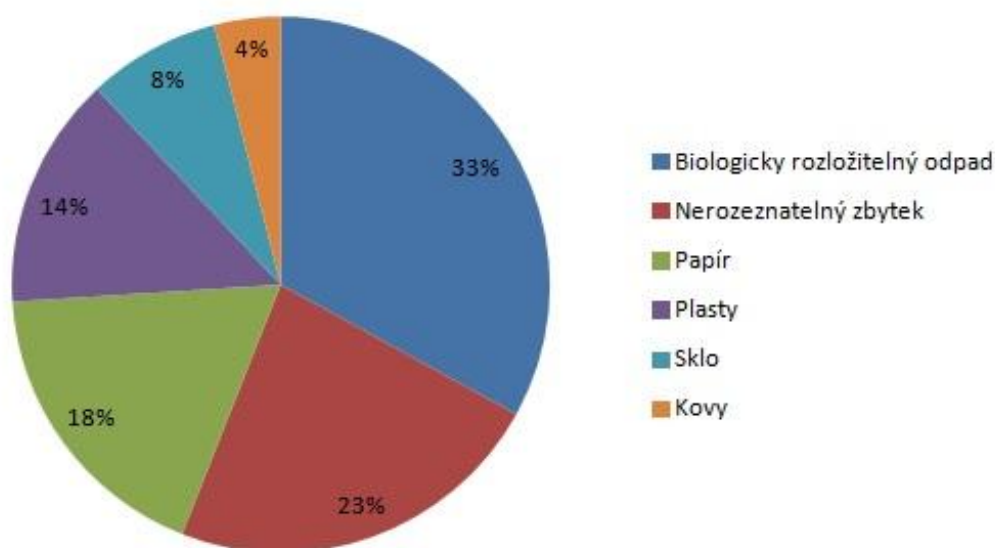
Mezi typické termicky využitelné průmyslové odpady patří odpady vznikající v dřevařském, papírenském, kožedělném, gumárenském a chemickém průmyslu. Parametry některých těchto odpadů jsou uvedeny v tab. 2. 1. [12]

Tab. 2. 1 Některé průmyslové hořlavé odpady a jejich charakteristiky. [12]

Druh odpadu	Výhřevnost	Voda	Popel	Prchavá hořlavina	síra
-	MJ.kg <sup>-1</sup>	%	%	%	%
Dřevný odpad	14, 6 - 16,3	10 - 20	0,5 – 0,8	70 - 75	
Papírový odpad	14,6	8	0,6	70	
PVC odpad	18,8	-	0,5	49	-
Pryžový odpad	13,4	0	63	36	-
Staré pneumatiky	36,2	-	6,5	-	1,2
Polyetylenový odpad	41,8	-	-	-	-
Odpady z rafinerií olejů	23 - 25	20 - 30	3,5		0,7 – 1,5
Sláma	14	10	1,8	60	
Pazdeří	16,2	4,18	-	-	

### Odpady ze spotřeby

Komunální odpad, je velice široký pojem, jelikož zahrnuje veškerý tuhý odpad z domácností, odpady ze škol, úřadů, obchodů a institucí. Tento fakt způsobuje značnou různorodost tohoto odpadu dle území, kde je tento odpad produkován a svážen. Složení komunálního odpadu se také mění dle roční doby a přístupu lidí k separovanému sběru odpadu. Průměrné materiálové složení komunálního odpadu je znázorněno v grafu č. 1. Z těchto důvodů je nemožné určit přesnou výhřevnost KO a uvádí se v rozmezí 7 až 16 MJ.Kg<sup>-1</sup>. [12]



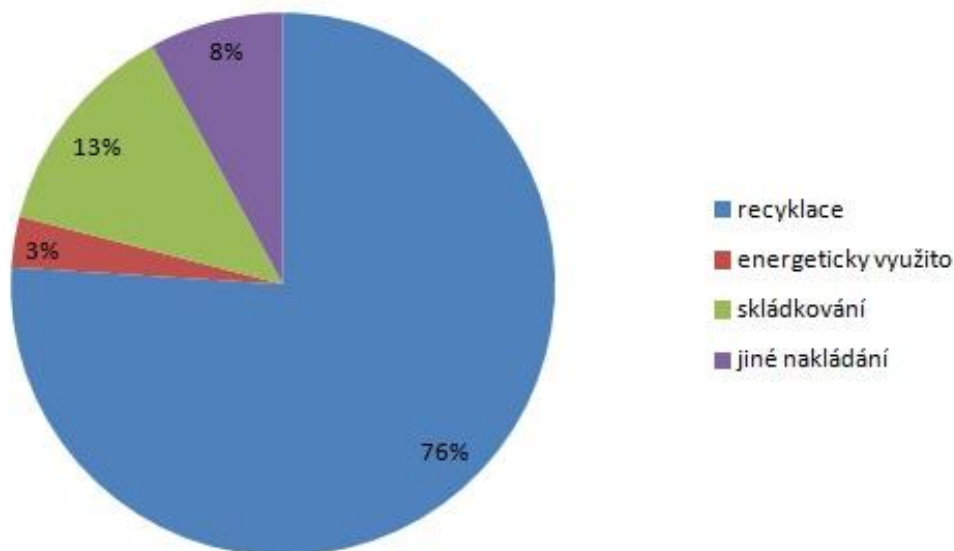
**Graf 1 Průměrné složení KO v ČR v roce 2009. [2]**

Dalším druhem odpadu ze spotřeby jsou odpady ze zdravotnictví. Jedná se o speciální typ odpadů, které je nutno spalovat, z důvodu jejich nebezpečných biologických vlastností. Výhřevnost nemocničního odpadu se pohybuje zhruba okolo  $10 \text{ MJ.kg}^{-1}$ . [12]

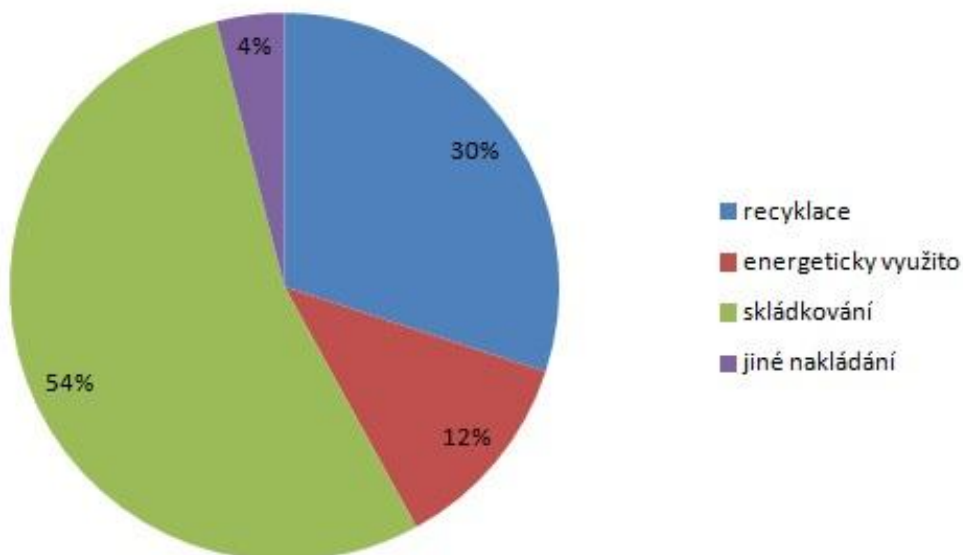


## 2 Možnosti využití odpadů

V České republice bylo celkově v roce 2012 vyprodukováno podle dat MŽP 30 miliónů tun odpadu a z toho bylo zhruba 5,2 miliónů tun v podobě komunálního odpadu. Využití tohoto odpadu je znázorněno v grafech 2 a 3.



Graf 2 Využití celkové produkce odpadu v ČR v roce 2012. [15]



Graf 3 Využití produkce komunálního odpadu v ČR v roce 2012. [15]

## 2.1 Recyklace

Pojem recyklace pochází z anglického slova „recycling“ a v překladu znamená vrácení zpět do výrobního procesu. Při tomto procesu dochází k opětovnému využívání odpadů jako zdrojů druhotných surovin v jejich původní nebo pozměněné formě. Recyklace je pak z legislativní stránky definována v zákoně o odpadech č. 185/2001 Sb. jako jakýkoliv způsob využití odpadů, kterým je tento odpad znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky, které jsou použité k původním, nebo jiným účelům. Pod recyklaci odpadů nespadá jeho energetické využití a zpracování na látky nebo materiály, které jsou použity jako palivo, nebo zásypový materiál. [1, 22]

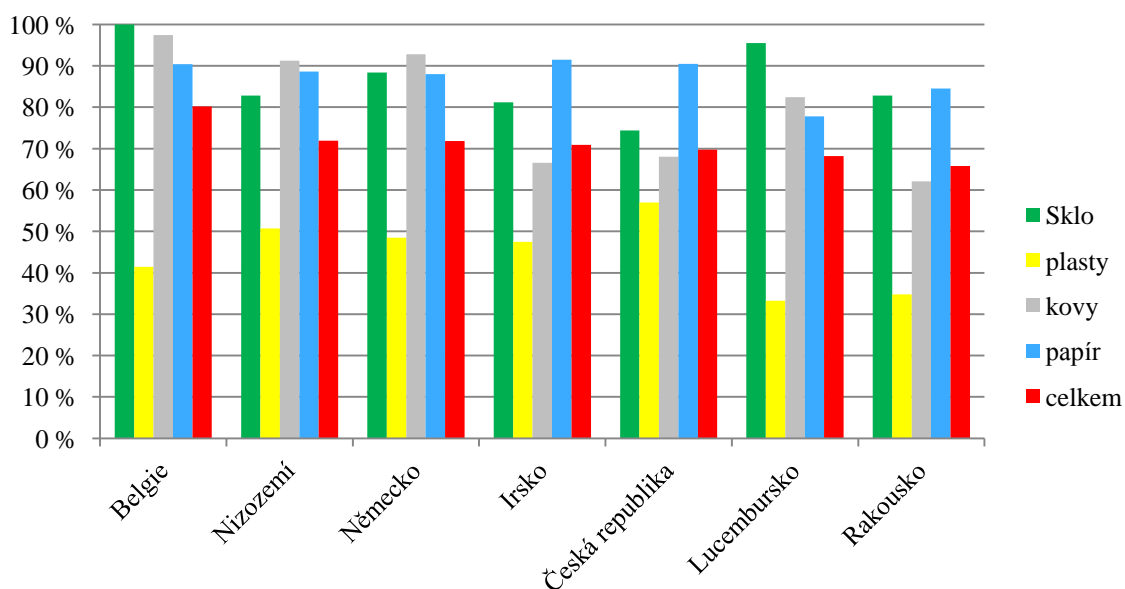
Recyklační technologii pak lze z hlediska vstupních materiálů (odpadů) dělit na přímou a nepřímou.

**Přímá** – Jedná se o opětovné využití vstupních materiálů bez jejich potřebných předešlých úprav.

**Nepřímá** – Zahrnuje opětovné využití vstupních materiálů s jejich potřebným předešlým zpracováním.

Pro samotnou recyklaci je pak velmi důležité včasné a dobře provedené třídění odpadů, které tento technologický proces velmi usnadňuje. Efektivní třídění odpadů by mělo začínat na místě, kde odpad vzniká. [1]

K separovanému sběru složek komunálního odpadu v podobě skla, papírů a plastů často nedochází, což představuje pro recyklaci těchto surovin značné problémy. Současný stav využívání recyklace obalových materiálů v Evropské unii je na grafu 4, ve kterém je zobrazeno sedm nejvíce třídících zemí. V tomto grafu je možné si všimnout, že Česká republika obsadila pátou příčku.



**Graf 4 recyklace odpadů v Evropské unii z roku 2012. [5]**

Jako každý technologický proces má i recyklace své výhody a nevýhody.

Hlavním důvodem proč třídit odpad a následně ho využívat k recyklaci jsou takzvané tři E, které dokazují přínos recyklace pro společnost. Jsou jimi ekonomie, energetika a ekologie. [1]

**Ekonomie** – vyjadřuje finanční náročnost výroby produktu z prvotních surovin vůči finanční náročnosti výroby z recyklovaných druhotných surovin.

**Energetika** – při výrobě z recyklovaných materiálů dochází k výrazné úspoře spotřebované energie oproti výrobě z primárních surovin.

Tab. 3.1 Úspora energie recyklací oproti výrobě z primárních zdrojů. [1]

Materiál	Úspora energie
Plast	97 %
Hliník	95 %
Ocel	74 %
Papír	70 %
Sklo	25 %

**Ekologie** – omezení zatěžování životního prostředí škodlivinami a také omezení potřeby těžby primárních surovin z důvodu využití recyklovaných materiálů.

Hlavní nevýhody, které recyklace odpadů má, vyplývají z fyzikálních a chemických zákonů, ekonomické situace a výše zmíněného přístupu obyvatelstva k třídění odpadů. [1]

Fyzikální a chemická omezení vycházejí ze zákona o zachování hmoty a energie, podle kterého není možný uzavřený koloběh látek a energií v systému. Energetickým ztrátám, ve formě odpadní tepelné energie nelze zabránit a ani podíl použitého recyklovaného materiálu k výrobě nemůže být stoprocentní a musí se přidávat prvotní surovina, z důvodu dosažení daných technologických parametrů daného výrobku. Dalším limitujícím omezením recyklace je výše zmíněná separace a koncentrace složek komunálního odpadu, kdy je potřeba pro efektivní technické uskutečnění recyklace dostatečné množství těchto jednotlivých složek a také jejich čistota, aby nebyly negativně ovlivněny vlastnosti nových výrobků. [1]

Dalším technickým omezením je také skutečnost, že jisté materiály lze recyklovat jen několikrát a u některých nedosahuje výsledná kvalita produktu požadovaných hodnot. Typickým příkladem omezené recyklovatelnosti je papír, u kterého se uvádí možnost jej recyklovat pouze 5 až 6 krát. Tato omezení jsou spojena především s vědeckotechnickým rozvojem. [1]

Jistá omezení v recyklaci přináší i nedostatečná legislativní úprava ovlivňující nakládání s odpady a především jejich recyklaci. [1]

## 2.2 Skládkování

Jde o nejstarší a u nás dosud bohužel nejrozšířenější způsob nakládání s odpady i přesto, že je skládkování považováno za nejméně žádoucí formu odstraňování odpadů. Skládka je pak definovaná v normě ČSN 83 8030 jako technické zařízení, určené k odstraňování odpadů a jejich trvalému a řízenému uložení na zemi, nebo do země. Jedná se tedy o takový způsob odstraňování, kdy jsou jednotlivé odpady postupně naváženy na skládku, hutněny a překrývány inertním materiálem. [3, 9]

Ukládání odpadu na skládky oproti jiným možnostem využití odpadů nepřináší téměř žádné výhody a je spjato s řadou nevýhod, které vyplývají z procesů, které na skládkách probíhají. Těleso skládky je totiž z chemicko-technologického procesu nekontrolovatelným biochemickým reaktorem, ve kterém probíhají procesy biologického rozpadu odpadu doprovázeny tvorbou nebezpečných látek v podobě kyselých výluhových vod a skládkového plynu, ve kterém je vysoký obsah methanu. [9]

Z těchto důvodů jsou v současné době kladeny vysoké požadavky na technologické parametry těles skládek, kdy musí být dno skládky utěsněno tak, aby nedocházelo k průsakům výluhových vod do vod podzemních. Tvořící se skládkový plyn je odsáván a dále využíván v energetice. Schéma moderní skládky odpadu je možno vidět na obr. 1.



Obr. 1 Schéma moderní skládky. [7]

## 2.3 Biologické metody

Biologickými metodami se rozumí působení biochemických reakcí, řízených biologickými katalyzátory – enzymy (mikroorganismy), na biologicky rozložitelné odpady, které tímto procesem ztrácejí své nebezpečné vlastnosti a mohou se stát znovupoužitelným materiálem. Mezi biologicky rozložitelné odpady patří především odpady z lesnické a zemědělské produkce, zpracovatelského průmyslu, biologicky rozložitelná část komunálního odpadu a čistírenské kaly. Tyto metody jsou v praxi uplatňovány především pro kompostování, aerobní fermentaci s cílem získat bioplyn a při mechanicko-biologické předúpravě odpadů. [9]

### Kompostování odpadů

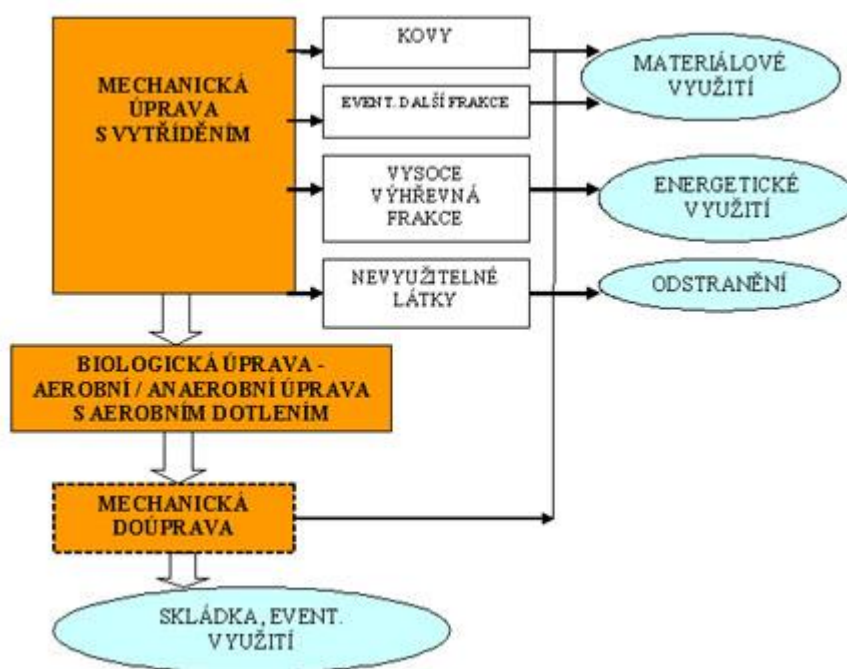
Kompostováním biologicky rozložitelných odpadů, především rostlinného původu se rozumí přeměna organické hmoty odpadů na jejich nehumusovou složku, která se využívá pro výrobu organického hnojiva – kompostu. [18]

## Aerobní fermentace odpadů

Anaerobní metanová fermentace organických materiálů neboli metanizace je souborem procesů, při kterých se za pomoci mikroorganismů a bez přístupu vzduchu postupně rozkládá biologicky rozložitelný odpad a hlavním výstupem je zde bioplyn, který se dále využívá pro výrobu tepelné a elektrické energie, nebo jako alternativní palivo v dopravě. [4]

## Mechanicko-biologická úprava odpadů

Mechanicko-biologickou úpravou odpadů se myslí zpracování zbytkového, případně směsného komunálního odpadu pomocí kombinace mechanických, fyzikálních a biologických procesů za účelem stabilizace a snížení objemu odpadů. Celý postup je možno vidět na obr. 2. [8, 9]



Obr. 2 Schéma mechanicko-biologické úpravy odpadu. [11]

Výstupem z těchto procesů, vedle odpadů vhodných k materiálovému využití, jsou dvě základní frakce. Stabilizovaný odpad, který je určen k uložení na skládku a nadsítná vysokovýhřevná frakce, která je určena pro další energetické využití v cementárnách a v uhelných teplárnách a elektrárnách. [8]

Současné zahraniční zkušenosti s využitím nadsítné výhřevné frakce jako paliva v uhelných teplárnách a elektrárnách se jeví negativně. V Německu spoluspalování této frakce působí řadu technologických problémů v podobě nápeků a vysokoteplotní chlorové koroze na teplosměnných plochách kotlů, jelikož tyto zařízení nebyly navrhovány na spalování paliva s obsahem chloru. Jediným vhodným zařízením pro spalování této frakce jsou spalovny odpadu, které jsou na tyto podmínky konstruovány. Zde se ovšem naskytá další problém v podobě nižší energetické výtěžnosti paliva získaného mechanicko-biologickou úpravou oproti přímému spálení komunálního odpadu. [19]

---

## 2.4 Termické metody

Jako termické metody zpracování odpadů lze obecně označit postupy, při kterých dochází k chemickému rozkladu na odpadní látky působením teploty, případně spolupůsobením teploty a kyslíku v prostředí, ve kterém lze regulovat obsah kyslíku. [12]

Základními postupy, které lze zahrnout pod tento pojem jsou: spalování, zplyňování, pyrolýza a mokrá oxidace.

Použitím těchto metod jsou obsažené nebezpečné látky v hořlavých odpadech přeměněny na poměrně neškodné produkty. Tímto však proces nekončí, jelikož použitím těchto metod vznikají vedlejší produkty v podobě popelovin a plynných látek, které obsahují nebezpečné plynné i pevné částice a musí se v následujících filtračních procesech odstraňovat. [12]

Mezi hlavní výhody odstraňování odpadů termickými metodami patří snížení jejich objemu na 10 až 15 % objemu původního, což odpovídá zhruba 20 až 40 % původní hmotnosti. Další výhodou je možnost využití uvolněného tepla pro výrobu páry a teplé užitkové vody. Mezi nevýhody termických metod patří vysoké investiční náklady na výstavbu a provoz těchto zařízení, potřeba kvalifikovaného personálu pro provoz a údržbu a možné nevyužití recyklovatelných materiálů.

## 3 Technologie pro termické metody zpracování odpadů

Pro technologické určení termických metod zpracování odpadů je významným kritériem pro hodnocení jednotlivých procesů v první řadě dosažitelný stupeň rozkladu odpadní látky, který je hlavně ovlivněn teplotou a zejména chemickými vlastnostmi prostředí, v němž daný proces probíhá. [12]

Dle tohoto hlediska můžeme odlišit procesy na oxidační a redukční.

### Procesy oxidační

Pod oxidačními procesy si lze představit procesy termické transformace odpadů, při kterých je obsah kyslíku v reakčním prostoru stechiometrický, tedy roven jedné a je zde dodáváno přesně takové množství kyslíku, které je potřebné k proběhnutí chemické reakce. Reálné spalování probíhá při nadstechiometrickém poměru, tedy vyšším než jedna z důvodu nehomogenity spalovaného materiálu. [12]

### Procesy redukční

Redukční procesy jsou procesy termické transformace odpadů, při kterých je obsah kyslíku v reakčním prostoru nulový nebo podstechiometrický, než obsah hořlavých látek ve zpracovávaném odpadu. Mezi redukční procesy řadíme pyrolýzu a zplyňování odpadů. [12]

## 3.1 Zařízení pro termické využití odpadů

Z hlediska rozmanitosti odpadních materiálů (jejich původ, fyzikální stav a termochemické vlastnosti) bylo navrženo a postaveno značné množství rozdílných zařízení. Jejich samotné rozdělení lze provést dle několika různých hledisek. Základním faktorem tohoto třídění je konstrukční provedení reakčního prostoru a technologická a provozní hlediska. Dalšími způsoby, kterými lze tyto zařízení dělit jsou dělení dle povahy, či původu odpadu, výkonu, nebo dle využití energie. [12]

**Rozdělení zařízení pro termické využívání odpadů:**

- Dle technologického hlediska můžeme tyto zařízení dělit na pece spalovací, pyrolýzní a zplyňovací.
- Dle způsobu provozování dělíme na pece, které pracují nepřetržitě a periodicky.
- Dle skupenství odpadu lze dělit pece na odpad pevný, pastovitý, kapalný, plynný a smíšený.
- Dle původu odpadu pece dělíme na pece na odpad komunální, průmyslový, zemědělský a lesnický, zvláštní nemocniční a veterinární.
- Dle využití energie jsou to pece bez využití energie a s využitím energie.
- Dle konstrukčních hledisek pece dělíme na pece roštové, bubnové rotační, šachtové, etážové, muflové, fluidní, komorové a prostorové.

**3.2 Spalování odpadů**

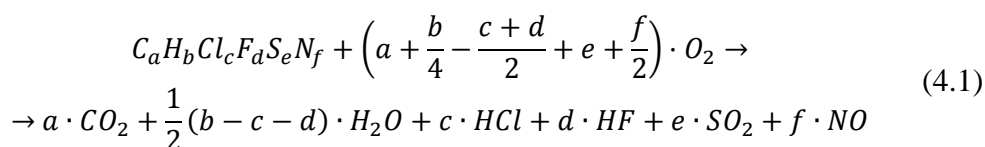
Spalování odpadů je poměrně složitým procesem, při kterém probíhá prudká oxidační exotermní reakce. [6]

Samotné spalování odpadů je podmíněno řadou přecházejících procesů, jako je jejich vysoušení a ohřev na zápalnou teplotu. K těmto dějům dochází sáláním žhavých spalin a zdíva pece a konvekcí spalin nebo přiváděného předehtého vzduchu. Samotné vysoušení odpadu probíhá v rozmezí 50°C až 150°C. Za vyšších teplot, v důsledku složitých rozkladných procesů, dochází ke vzniku těkavých látek. Těkavé látky bývají většinou hořlavé a při jejich vznícení se iniciuje vznik plamene. Zbývající tuhý odpadový materiál je nadále odplyňován a při dosažení potřebné zápalné teploty je postupně spalován. [12]

Zápalnou teplotou rozumíme minimální teplotu, při které dochází ke spontánnímu hoření spalovaného odpadu v důsledku dostatečného uvolnění tepla ke krytí ztrát do okolí. K zajištění požadovaného průběhu spalování, za vzniku v podstatě neškodných plynných látek, je nutno dodržet v zásadě 3 základní podmínky. [12]

- Množství přiváděného spalovacího vzduchu musí být v přebytku vůči stechiometrii spalovacích reakcí v poměru 1,5 až 2,5.
- Produkované teplo musí být dostatečné pro krytí ztrát do okolí a udržení minimální technologické teploty v reakční komoře.
- Nutnost zajistit zdržení spalin v komoře dodatečného spalování při teplotě v rozmezí 1000°C až 1300°C po dobu aspoň 2 sekund. [12]

Stechiometrie dokonalého spalovacího procesu jakéhokoli odpadu je založena na souhrnné rovnici (4.1), která vyjadřuje oxidaci jednotlivých složek spalovaného odpadu. [12]



Z této rovnice lze zjednodušeně říci, že odpadní spaliny jsou složeny především z dusíku, oxidu uhličitého, vodní páry a přebytečného kyslíku. Ostatní plynné látky jsou ve většině případů stopové kontaminanty. Pokud jsou v odpadním materiálu vázány prvky jako chlor, fluor, síra a dusík v jeho hořlavých složkách, pak dochází při jejich spalování ke tvorbě chlorovodíku, fluorovodíku a oxidů síry a dusíku. [6]

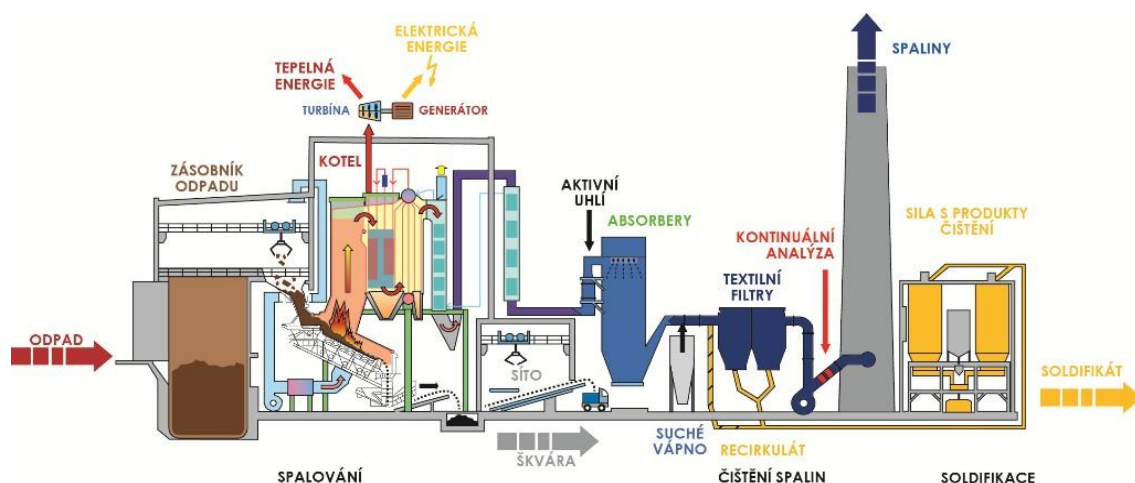


V případě nedodržení podmínky o množství přiváděného spalovacího vzduchu uvedené výše, tzn. množství vzduchu vůči stechiometrii spalovacích procesů je menší než jedna, může vznikat vedle základních odpadních plynů i oxid uhelnatý a další meziprodukty nedokonalého spalování.

### Provozované spalovny

Na území České republiky je v současné době evidováno 32 spaloven odpadu. Z toho je jich 29 určeno k tepelnému zpracování průmyslového a zdravotnického odpadu a zbylé 3 jsou určeny na odpad komunální.

Typickým příkladem moderní spalovny komunálního odpadu je například brněnská spalovna firmy SAKO, jejíž schéma je na obr. 3.



Obr. 3 Schéma brněnské spalovny KO. [13]

V kotelně se nachází dva pětitaňkové kotle s vratisuvnými rošty typu MARTIN jejichž technické parametry a přívod spalovacího vzduchu zajišťují optimální provozní podmínky spalovacího procesu. Přiložený odpad hoří sám a nepotřebuje přídavné palivo. Teplota v komoře kotle se pohybuje nad 1000 °C. Škvára, která vzniká po spálení, padá do mokrého vynašeče, kde je uhašena, zchlazena a přes vibrační třídič pomocí pásového dopravníku přemístěna do zásobníku škváry. [13]

Přehřátá pára z kotle odchází do parní odběrové kondenzační turbíny, která má vysokotlaký a nízkotlaký díl s odběrem páry ve vysokotlaké části. V turbíně dochází k expanzi páry a transformaci její kinetické a potenciální energie na mechanickou práci, která je v generátoru transformována na elektrický proud. Regulovaný i neregulovaný odběr turbíny zajišťuje současnou výrobu elektrické energie a dodávky páry do centrálních rozvodů Brna. [13]

Nedílnou součástí celého procesu spalování je také pětistupňový systém čištění spalin.

- První stupeň je instalován přímo do spalovací komory kotle, kdy se pomocí chemické reakce výrazně redukuje množství oxidů dusíku ve spalinách.
- Druhý stupeň představuje adsorpci těžkých kovů a perzistentních organických polutantů typ PCDD/F, PCB a PAU
- Třetím stupněm je nástřik jemně rozprášené vodní vápenné suspenze do proudu spalin a odvedení spalin do adsorberů, kde probíhá jejich čištění
- Čtvrtý stupeň představuje metoda přidávání suchého hašeného vápna do spalin v případě zvýšené koncentrace kyselých složek spalin.

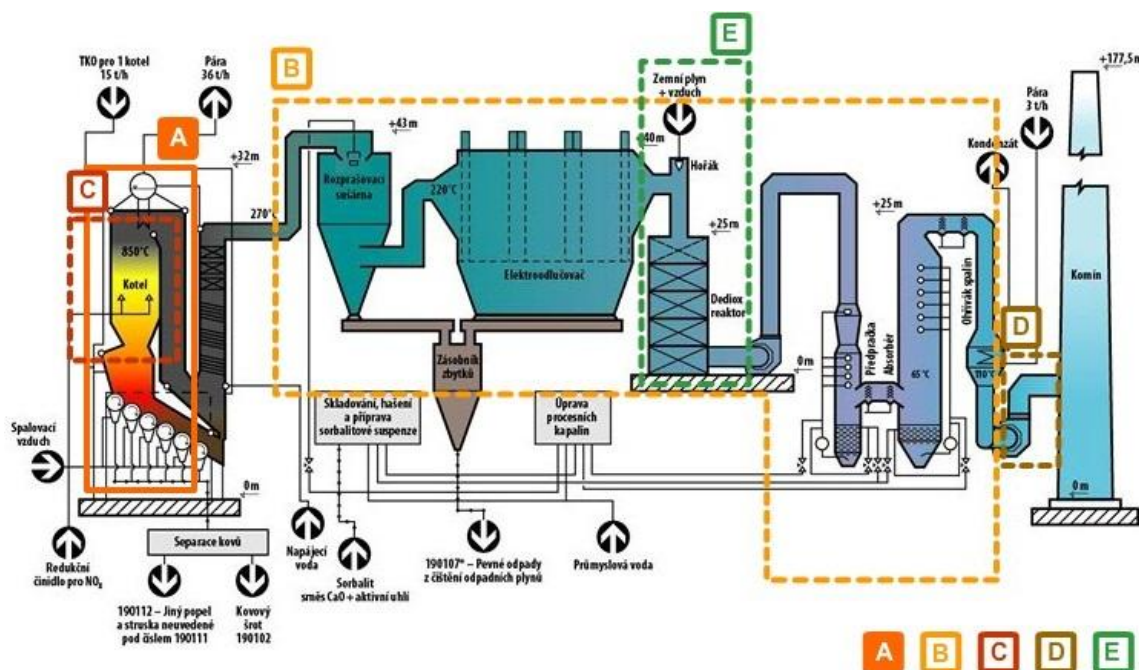


- Pátý stupeň představují textilní filtry, ve kterých se odloučí veškeré mechanické nečistoty a pevné reakční produkty. [13]

Konečným produktem z procesu čištění spalin jsou vápenaté soli, popílek, aktivní uhlí a přebytek reagentů. Celý tento proces je ovládán automaticky a před vstupem vyčištěných spalin do komína jsou kontinuálně měřeny znečišťující látky, které jsou nižší, než přípustné emisní limity. Účinnost čištění spalin je zde na úrovni 99 %. [13]

Inertní produkt spalování – škvára, je dále upravována v koncovém technologickém zařízení. Ze škváry se vytřídí železo a hliník, které jsou dále využity jako druhotné suroviny. Samotná škvára je využívána pro technické zabezpečení skládek. [13]

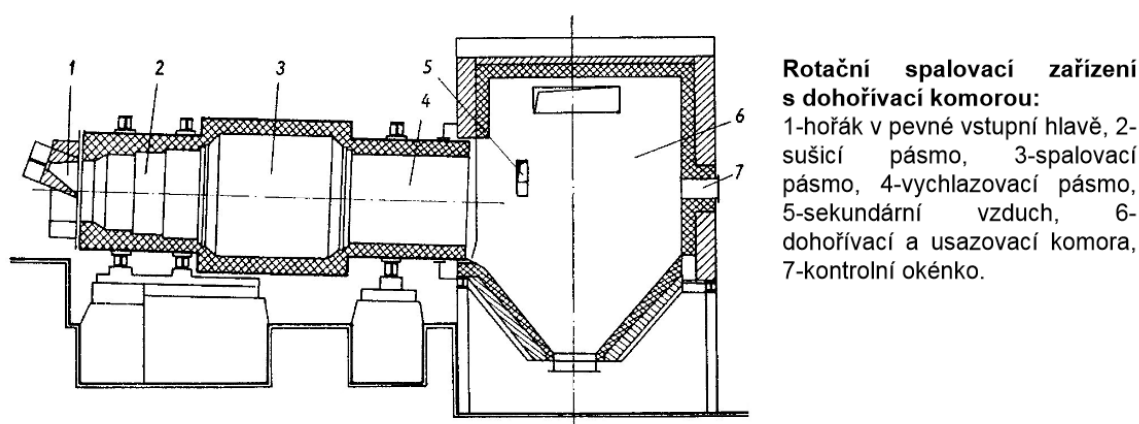
Dalším provozovaným zařízením firmou Pražské služby a.s. je spalovna komunálního odpadu v Praze - Malešicích, kde jsou instalovány čtyři parní kotle s šesti pohyblivými válcovými rošty. Schéma spalovny je možné vidět na obr. 4. Samozřejmě je zde také systém čištění spalin pro splnění emisních limitů daných zákonem.



Obr. 4 Schéma pražské spalovny KO v Malešicích [24]

## Spalovna průmyslového odpadu

Společnost SITA CZ provozuje na našem území celkem 5 spaloven průmyslového odpadu. Jedna z nich se nachází na území Ostravska a je určena pro všechny typy nebezpečného průmyslového odpadu jak v tuhé tak i v kapalně formě. Tato spalovna je považována za nejbezpečnější a nejmodernější zařízení pro termické rozkládání extrémně škodlivých průmyslových odpadů. Základem je zde rotační bubnová pec, na kterou navazuje sekundární dospalovací komora, kde se odpady rozkládají při 1100 až 1200 °C. Ilustrační schéma rotační bubnové pece s dohořivací komorou je na obr. 5. Spaliny se zde čistí ve třech stupních. Prvním je dvoustupňové mokré praní, kde jsou spaliny skrápěny vodou a dochází k odstanění HCl, HF a SO<sub>2</sub>. Druhým stupněm je dioxinový filtr, kde jsou adsorbovány částice dioxinů a těžkých kovů pomocí aktivního uhlí. Třetím stupněm je DENO<sub>x</sub> katalyzátor, který slouží k odstranění dusných oxidů. Před vstupem do komína je pak nainstalováno zařízení na kontinuální měření emisí, které musí každá spalovna mít. [14]



Obr. 5 Ilustrační schéma bubnové rotační pece s dohořivací komorou. [10]

## 3.3 Pyrolýza odpadů

Pyrolýza, neboli termický rozklad organických materiálů, je endotermní reakce probíhající za nepřístupu médií obsahujících kyslík v podobě vzduchu, oxidu uhličitého a vodní páry, který vede ke vzniku jednotlivých pevných, kapalných a plyných frakcí. [12]

Podstatou procesu je, že při vyšších teplotách organické sloučeniny přestávají být stabilní a vysokomolekulární látky se rozkládají na nízkomolekulární při vzniku těkavých látek a koksu. Celý proces probíhá za teplot v rozmezí 150 °C až 1000 °C [12]

Podle těchto teplot obvykle rozlišujeme pyrolýzu:

- Nízkoteplotní, kdy reakční teploty procesu jsou do 500 °C
- Středněteplotní, kdy reakční teploty se pohybují v rozmezí 500 °C až 800 °C
- Vysokoteplotní, kdy reakční teploty jsou nad 800 °C

Průběh samotného procesu závisí na vlastnostech výchozího materiálu, obsahu vlhkosti v něm, pyrolýzní teplotě a reakční době. Prvně nastává sušení materiálů a odštěpení vody za vzniku vodní páry, při teplotách do 200 °C. V této fázi je nutno přivádět velké množství tepla, aby proces mohl probíhat, jelikož reakce jsou silně endotermické. Při překročení 200 °C dochází k suché destilaci a zároveň se štěpí

pobočné řetězce z vysokomolekulárních organických látek a nastává jejich přeměna na kapalné a plynné organické produkty a pevný uhlík. Při dalším navyšování teplot nad 500 °C jsou produkty suché destilace dále štěpeny a transformovány a z kapalných organických látek a z pevného uhlíku vznikají stabilní plynné látky jako H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, a CH<sub>4</sub>, které se souhrnně označují jako pyrolýzní plyn. [16]

Rozvoj těchto technologií nastal především v sedmdesátých letech minulého století, kdy byl rozšířen názor, že pyrolýzní procesy je možno využít k hromadnému odstraňování odpadů. [12]

- Jednodušší a levnější zařízení než pro spalovny
- Lépe prodejná produkovaná paliva, než teplo
- Objem vznikajících plynných produktů je pouhým zlomkem množství spalin, které generují spalovny.

Většina provozovaných zařízení je založena na kombinaci pyrolýzního a spalovacího procesu. Zpracováváný odpad je nejprve termicky rozložen v rotační nebo komorové peci vytápěné zevně spalinami, které vznikají z následného spalování pyrolýzních plynů v tzv. termoreaktoru. Zbytková energie, které není potřeba pro dosažení pyrolýzní teploty v první fázi procesu, je odváděná do kotlů na odpadní teplo, kde se využívá k výrobě páry, či teplé užitkové vody. Dalším druhem modernějších zařízení jsou systémy, které předpokládají využití pyrolýzního plynu jako chemické suroviny nebo jako topného plynu pro další využití. [16]

### 3.4 Zplyňování odpadů

Podstatou zplyňovacího procesu je přeměna uhlíkatých materiálů, která probíhá za teplot vyšších než 800 °C a za přívodu podstechiometrického množství vzduchu, či jiného oxidovadla na hořlavé plynné látky a k další přeměně koksového zbytku na plynné produkty. [12]

Celý proces je silně endotermický a probíhá dle níže uvedených reakcí:

- Zplyňování uhlíku v koksovém zbytku pomocí oxidu uhličitého
$$C + CO_2 \rightarrow 2 CO \quad (4.2)$$
- Obdobná reakce vodní páry
$$C + H_2O \rightarrow CO + H_2 \quad (4.3)$$
$$C + 2 H_2O \rightarrow CO_2 + 2 H_2 \quad (4.4)$$
- Reakce uvolněného vodíku za vzniku metanu
$$C + 2 H_2 \rightarrow CH_4 \quad (4.5)$$

Výhodou této metody je fakt, že díky vysokým teplotám se netvoří vysoce toxické dioxiny, furany a polycyklické aromatické uhlovodíky. Redukční prostředí rovněž brání vzniku oxidu dusíku. [12]

---

## 4 Legislativní rámce ovlivňující nakládání s odpadem

Odpadové hospodářství je vymezeno v České republice z legislativního hlediska zejména zákonem o odpadech a o změně některých dalších zákonů č. 185/2001 Sb. v jeho platném znění. Samotné podmínky termického využívání odpadů jsou pak dále stanoveny v zákoně o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. a ve vyhlášce o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší č. 415/2012 Sb.

### 4.1 Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů č. 185/2001 Sb.

Předmětem úpravy tohoto zákona je zapracování příslušných předpisů Evropské unie a upravení pravidel pro předcházení vzniku odpadů a nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, lidského zdraví a trvale udržitelného rozvoje. Dále upravuje práva a povinnosti osob a působnost orgánů veřejné správy v odpadovém hospodářství. [22]

Je zde také ustanovena hierarchie způsobu nakládání s odpadem, která musí být dodržována.

- a) předcházení vzniku odpadů – vyrábění výrobků s omezením maximální možné míry vzniku nevyužitelných odpadů.
- b) příprava k opětovnému použití – jedná se o využití výrobku ke stejnému účelu, ke kterému byly původně určeny.
- c) recyklace odpadů – viz kapitola 3.1 Recyklace
- d) jiné využití odpadů – například využití odpadů pro výrobu energií.
- e) odstranění odpadů – jedná se o skládkování. Viz kapitola 3.2 Skládkování

Jedním z klíčových paragrafů tohoto zákona z hlediska jeho termického zpracování je § 4, ve kterém je definována činnost využívání a odstraňování odpadů.

**Využití odpadů** je činnost, jejímž výsledkem je, že odpad slouží užitečnému účelu tím, že nahradí materiály používané ke konkrétním účelům, a to i v zařízeních určených k využití odpadů. V příloze číslo 3 tohoto zákona je uveden výčet způsobů využití odpadů a jedním z nich je využití odpadu způsobem obdobným jako paliva nebo jiným způsobem k výrobě energie a je označen jako způsob R1. [22]

**Odstraňování odpadů** je činnost, která není využitím odpadů, a to i v případě, že druhotným výsledkem této činnosti je znovuzískání látek nebo energie. Výčet činností, které jsou definovány v tomto zákoně, se nachází v příloze číslo 4 tohoto zákona a figuruje zde spalování a je označeno jako způsob D10. [22]

Dalším důležitým paragrafem je § 14, ve kterém je pro provozování zařízení využívajícího a odstraňujícího odpad požadován souhlas příslušného krajského úřadu. Dále pak § 19 a § 20, ve kterých jsou upraveny povinnosti provozovatelů zařízení využívajícího a odstraňujícího odpad.

---

Provozovatelé těchto zařízení jsou povinni:

- a) ustanovit odpadového hospodáře za podmínek stanovených tímto zákonem.
- b) zveřejnit seznam odpadů, k jejichž využívání, odstraňování mají oprávnění.
- c) provozovat zařízení v souladu s jeho schváleným provozním řádem.
- d) zabezpečit odpady před nežádoucím znehodnocením, odcizením nebo únikem.
- e) vést průběžnou evidenci o odpadech a způsobech nakládání s nimi, ohlašovat odpady a zasílat příslušnému správnímu úřadu další údaje v rozsahu stanoveném tímto zákonem a prováděcím právním předpisem. Tuto evidenci archivovat po dobu stanovenou tímto zákonem nebo prováděcím právním předpisem.
- f) umožnit kontrolním orgánům přístup do objektů, prostorů a zařízení, na vyžádání předložit dokumentaci a poskytnout pravdivé a úplné informace související s nakládáním s odpady.
- g) ověřovat nebezpečné vlastnosti odpadů a nakládat s nimi podle jejich skutečných vlastností.
- h) oznámit bez zbytečného odkladu příslušnému obecnímu úřadu obce s rozšířenou působností nepříznivé vlivy nakládání s odpady na zdraví lidí nebo životní prostředí, které jsou v rozporu s vlivy očekávanými nebo popsány v provozním řádu zařízení, nebo vlivy, které překračují stanovené limitní hodnoty. [22]

Dalším významným paragrafem je § 22, který ustanovuje možnost spalování odpadu jen za předpokladu splnění podmínek, které jsou stanovené právními předpisy v zákoně o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. a v zákoně o hospodaření energií č. 406/2000 Sb. Technické požadavky pro nakládání s odpady vzniklými při spalování nebezpečného odpadu ve spalovnách stanovuje ministerstvo vyhláškou o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu č. 294/2005 Sb., ve které je řešeno skládkování popílku ze spaloven nebezpečného odpadu na skládkách jen v odděleném sektoru po jejich předchozí biologické nebo fyzikálně-chemické úpravě (odpařováním, sušením, kalcinací, odvodněním, srážením, filtrací, solidifikací). [20, 22]

Posledním klíčovým paragrafem v tomto zákoně je pak § 23, v němž se spalovny komunálních odpadů dělí, dle dosažené energetické účinnosti na zařízení využívající nebo odstraňující odpad. Energetická účinnost se určuje dle vzorce (5.1), který je možno také nalézt v příloze č. 13 zákona o odpadech. V zákoně je dále uvedena zmínka o nutnosti použití tohoto vzorce v souladu s referenčním dokumentem o nejlepších dostupných technikách pro spalování odpadů. [22]

**Vzorec pro výpočet energetické účinnosti:**

$$\eta = \frac{E_p - E_f + E_i}{0,97 \cdot (E_w + E_f)} \quad (5.1)$$

$E_p$ ...roční množství vyrobené energie ve formě tepla nebo elektřiny. Vypočítá se tak, že se energie ve formě elektřiny vynásobí hodnotou 2,6 a teplo vyrobené pro komerční využití hodnotou 1,1 (GJ/rok).

---

$E_f$ ...roční energetický vstup do systému z paliv přispívajících k výrobě páry (GJ/rok).

$E_w$ ...roční množství energie obsažené ve zpracovávaných odpadech vypočítané za použití nižší čisté výhřevnosti odpadů (GJ/rok).

$E_i$ ...roční dodaná energie bez  $E_w$  a  $E_f$  (GJ/rok).

0,97 je součinitelem energetických ztrát v důsledku vzniklého popela a vyžarování.

Nejnižší požadovaná energetická účinnosti pro využívání odpadů způsobem R1 je:

- Pro zařízení, která získala souhlas k provozu před 1. lednem 2009 0,60
- Pro zařízení, která získala souhlas k provozu po 31. prosinci 2008 0,65

## 4.2 Zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb.

Ochrana ovzduší je v tomto zákoně definována jako předcházení znečišťování ovzduší a snižování úrovně znečišťování tak, aby byla omezena rizika pro lidské zdraví způsobená znečištěním ovzduší, snížení zátěže životního prostředí látkami vnášenými do ovzduší a poškozujícími ekosystémy a vytvoření předpokladů pro regeneraci složek životního prostředí postižených v důsledku znečištění ovzduší. [23]

Předmětem úpravy tohoto zákona je zpracování příslušných předpisů Evropské unie, upravení přípustné úrovně, způsoby posuzování a vyhodnocování a nástroje ke snižování znečištění a znečišťování. Dále upravuje práva a povinnosti osob a působnost orgánů veřejné správy při ochraně ovzduší. [23]

Pro účely tohoto zákona související s termickým využíváním odpadů se rozumí:

- a) tepelné zpracování odpadu oxidací odpadu nebo jeho zpracování jiným termickým procesem, včetně spalování vzniklých látek, pokud by tím mohlo dojít k vyšší úrovni znečišťování oproti spálení odpovídajícího množství zemního plynu o stejném energetickém obsahu.
- b) spalovnou odpadu stacionární zdroj určený k tepelnému zpracování odpadu, jehož hlavním účelem není výroba energie ani jiných produktů, a jakýkoliv stacionární zdroj, ve kterém více než 40 % tepla vzniká tepelným zpracováním nebezpečného odpadu nebo ve kterém se tepelně zpracovává neupravený směsný komunální odpad. [23]

V tomto zákoně je také uvedena nutnost provádění kontinuálního měření emisí tuhých zbytkových látek, organického uhlíku, oxidu síry, oxidu dusíku, oxidu uhlíku a chlorovodíku u zařízení tepelně zpracujících odpad.

---

### **4.3 Vyhláška o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší č. 415/2012 Sb.**

Předmětem úpravy této vyhlášky je zapracování příslušných předpisů Evropské unie a stanovení:

- a)* intervalu, způsobu a podmínek zjišťování úrovně znečišťování měřením a výpočtem, způsob vyhodnocení výsledků zjišťování úrovně znečišťování a způsob zjišťování a vyhodnocení plnění tmavosti kouře.
- b)* obecných emisních limitů, specifických emisních limitů, způsobu výpočtu emisních stropů a technických podmínek provozu stacionárních zdrojů a způsobu vyhodnocování jejich plnění.
- c)* způsobu stanovení počtu provozních hodin.
- d)* náležitosti provozní evidence a souhrnné provozní evidence, provozního řádu, odborného posudku, rozptylové studie, protokolu o jednorázovém měření emisí.
- e)* způsobu uplatnění kompenzačních opatření a minimální hodnoty příspěvku stacionárního zdroje k úrovni znečištění. [21]

Pro samotné termické využívání odpadů je v této vyhlášce zásadní definice biomasy a její odlišení od odpadu a z toho vyplývajících jiných emisních požadavků na termická zařízení využívající biomasu.

Biomasa je zde definována jako produkt, který je tvořen z rostlinného materiálu pocházejícího ze zemědělství nebo lesnictví a který lze použít jako palivo za účelem získání jeho energetického obsahu a rozumí se zde jako. [21]

1. rostlinný odpad ze zemědělství nebo lesnictví
2. rostlinný odpad z potravinářského průmyslu, pokud je využito vyrobené teplo
3. rostlinný odpad z výroby čerstvé vlákniny a z výroby papíru z buničiny, pokud je spalován v místě výroby
4. korkový odpad
5. dřevný odpad s výjimkou dřevného odpadu, který může obsahovat halogenované organické sloučeniny nebo těžké kovy v důsledku ošetření látkami na ochranu dřeva nebo nátěrovými hmotami.

Nejpodstatnější částí této vyhlášky je její příloha č. 4, ve které jsou určeny specifické emisní limity a technické podmínky provozu, které musí každý zdroj, který tepelně zpracovává odpad splňovat.

#### **Specifické emisní limity**

Specifické emisní limity pro spalovny odpadu jsou vztaženy k celkové jmenovité kapacitě a na normální stavové podmínky a suchý plyn při referenčním obsahu kyslíku v odpadním plynu 11 %. Pro spalování odpadních olejů jsou emisní limity vztaženy k referenčnímu obsahu kyslíku v odpadním plynu 3 %. [21]

Hodnoty těchto emisí jsou zobrazeny v tabulce 5.1 a tabulce 5.2

Tab. 5.1 Emisní limity pro znečišťující látky zjišťované primárně kontinuálním měřením. [21]

Znečišťující látka	Emisní limit [ $\text{mg.m}^{-3}$ ]			
	Denní průměr	Půlhodinové průměry		10 minutový průměr
		97%	100 %	95%
Tuhé zbytkové látky	10	10	30	
SO <sub>2</sub>	50	50	200	
NO <sub>x</sub>	200	200	400	
TOC	10	10	20	
HCl	10	10	60	
HF	1	2	4	
CO	50		100	150

Tab. 5.2 Emisní limity pro znečišťující látky zjišťované primárně jednorázovým měřením. [21]

Znečišťující látka	Emisní limit [ $\text{mg.m}^{-3}$ ]
Cd+Tl a jejich sloučeniny	0,05
Hg a její sloučeniny	0,05
Ostatní těžké kovy	0,5
PCDD/F	0,1 $\text{ng.m}^{-3}$

V tabulce 5.3 jsou pak uvedeny hodnoty emisních limitů pro různé druhy paliv. Porovnáním těchto hodnot s hodnotami emisí pro spalovny odpadů je patrné, že na spalovny odpadu jsou kladeny daleko vyšší nároky na čistotu emisí, než na ostatní stacionární zdroje znečištění.



Tab. 5.3 Porovnání jednotlivých emisních limitů pro různá paliva. [21]

Druh paliva	Specifické emisní limity [mg.m <sup>3</sup> ]											
	50-100 MW				> 100-300 MW				> 300 MW			
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	TZL	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	TZL	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	TZL	CO
Pevné palivo obecně	400	300	30	250	250	200	25	250	200	200	20	250
Kapalné palivo obecně	350	450	30	175	250	200	25	175	200	150	20	175
Plynné palivo obecně	35	200	5	100	35	200	5	100	35	200	5	100
Zemní plyn	35	100	5	100	35	100	5	100	35	100	5	100
Koksárenský plyn	400	200	30	100	400	200	30	100	400	200	30	100
Vysokopecní plyn	200	200	10	100	200	200	10	100	200	200	10	100
Biomasa	200	250	20	250	200	200	20	250	150	150	20	250
Komunální odpad	50	200	10	50								

**Technické podmínky provozu spalovny odpadu**

V zásobníku odpadu stacionárních zdrojů tepelně zpracovávajících odpad je nutno trvale udržovat podtlak a odsávaný vzduch přivádět do ohniště. Pokud neprobíhá spalování, vzduch je odsáván ze zásobníku odpadu do výduchu schváleného v rámci provozního povolení. [21]

Spalovny odpadu se konstruuji a provozují způsobem zaručující:

- dostatečné setrvání tepelně zpracovávaného odpadu v prostoru, kde dochází k jeho zpracování za účelem vyhoření, nebo tepelného rozkladu tak, aby struska a popel obsahovaly méně než 3 % celkového organického uhlíku, nebo aby ztráta způsobena žiháním byla menší než 5 % hmotnosti suchého materiálu. [21]
- řízené ohřátí odpadního plynu za posledním přívodem spalovacího vzduchu ve všech místech profilu toku odpadního plynu na teplotu nejméně 850 °C po dobu dvou sekund. Pokud je spalován nebezpečný odpad s obsahem chloru vyšším než 1%, musí tato teplota dosáhnout 1100 °C po dobu dvou sekund. [21]
- automatické zapnutí nejméně jednoho pomocného hořáku v každé spalovací komoře, který nesmí spalovat palivo, jehož spálením by vznikly vyšší emise než spalováním plynového oleje, zkapalněného plynu nebo zemního plynu v těchto případech:

---

1. během uvádění zařízení do provozu a jeho odstavování s cílem zajistit, že stanovená teplota bude v prostoru, v němž dochází k tepelnému zpracování udržena po celou dobu, dokud je v tomto prostoru nespálený odpad. [20]

2. pokud klesne teplota odpadního plynu pod stanovenou teplotu. [21]

3. pokud kontinuální měření emisí prokáže překročení některého ze specifických emisních limitů uvedených výše. [21]

d) automatické zabránění přívodu odpadu do spalovacího prostoru při uvádění zdroje do provozu, či jeho odstavování v případě poklesu stanovené teploty bodem b) nebo překročení některého emisního limitu. [21]

Na žádost provozovatele lze v povolení provozu uvést provozní podmínky odlišné od podmínek stanovených v bodu a) až d) pouze za předpokladu splnění emisních limitů pro celkový organický uhlík a oxid uhelnatý. Tyto změny také nesmí vést k většímu množství pevných zbytků a vyššímu obsahu organických látek v pevných zbytcích. Dále je taky nutné dodržet kontinuální měření těchto parametrů. [20]

Odpady ze zdravotnictví a veterinární péče jsou dávkovány přímo, bez jejich míšení s jinými druhy odpadu. [21]

Nejméně jednou při uvedení spalovny do provozu za předpokládaných nejméně příznivých podmínek je nutno ověřit dobu setrvání odpadního plynu při stanovené nejnižší teplotě za posledním přívodem spalovacího vzduchu. Současně je také nutné zjistit obsah kyslíku v odpadním plynu. [21]

Doba provozování spalovny odpadu při překročení specifických emisních limitů nesmí být delší než 4 hodiny nepřetržitého provozu a současně celková doba provozu při překročení emisních limitů nesmí překročit 60 hodin v jednom kalendářním roce. [21]

---

## Závěr

V první části bakalářské práce Termické využití odpadů jsou popsány jednotlivé možnosti využití odpadů. Neefektivněji se jeví recyklace, díky které se šetří primární suroviny a energie. Recyklace je spjata s potřebou separovaného sběru odpadu a ne všechny současné technologie jsou ekonomicky výhodné pro provozování. Biologické metody jsou vhodné jen pro biologicky rozložitelný odpad. Palivo získané z mechanicko-biologické úpravy, které je určeno pro spalování v teplárnách způsobuje řadu technologických problémů a také má menší výhřevnost než přímé spálení tohoto odpadu ve spalovně odpadu.

Termické metody využívání odpadů jsou neefektivnější u nebezpečného odpadu, který nelze jinak zpracovat, a také u jinak nevyužitelného komunálního odpadu. Tyto metody eliminují nebezpečnost tohoto odpadu při minimální produkci emisí a jeho hmotnost a objem.

Jako nejhorší metoda se jeví skládkování, které vesměs nepřináší žádná pozitiva a je spjata s řadou negativ v podobě trvalého uložení odpadu do země.

Celé termické využívání odpadů v České republice je z hlediska legislativní úpravy nejvíce upraveno zákonem o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. a vyhláškou o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší č. 415/2012 Sb. a dále také zákonem o odpadech č. 185/2001 Sb.

V zákoně č. 201/2012 Sb. je definováno termické využívání odpadů jako jeho zpracování termickým procesem a následným spálením vzniklých látek. Tato definice může být dosti zavádějící, jelikož například pomocí pyrolýzní jednotky využívající staré pneumatiky je možné produkovat lehký topný olej, který není v tomto procesu spalován a dále se prodává jako výstupní surovina.

Také předpis č. 415/2012 Sb. hovoří jen o spalování odpadů a ostatní termické technologie, které nespalují následně vzniklé látky, dále neupravuje. Upravuje pouze emisní limity pro spalování odpadů a požaduje jejich kontinuální měření, což je pro komunální odpad potřebné.

Ostatní metody termického využití odpadů nejsou nijak dále upraveny a používají se pro ně právní úpravy, které platí pro spalovny odpadů. To znamená, že u všech termických metod odstraňujících odpad je nutno dodržet tyto předpisy a kontinuální měření emisí.

---

## Použitá literatura

- [1] BEŇO, Zdeněk. *Recyklace: efektivní způsoby zpracování odpadů*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního a ekologického inženýrství, 2011, 149 s. ISBN 978-80-214-4240-5.
- [2] Český statistický úřad | ČSÚ [online]. [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://www.czso.cz/>.
- [3] ČSN 83 8030. *Skládkování odpadů - Základní podmínky pro navrhování a výstavbu skládek*. Český normalizační institut, 2002.
- [4] DOHÁNYOS, Michal: Anaerobní reaktor není černou skřínkou - teoretické základy anaerobní fermentace. *Biom.cz* [online]. 2008-11-17 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-reaktor-neni-cernou-skrinkou-teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace>.
- [5] Eurostat Home [online]. [cit. 2014-05-6]. Dostupné z: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>.
- [6] FILIP, Jiří a Jaroslav ORAL. *Odpadové hospodářství*. Dotisk 1. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006, 78 s. ISBN 80-7157-682-4.
- [7] GEOMAT - Geomříže, geotextilie, georohože, geobuňky, opěrné systémy [online]. [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: [www.geomat.cz](http://www.geomat.cz).
- [8] HYŽÍK, Jaroslav. *MBÚ náhrada za termické zpracování anebo iluze*. [online]. 2014 [cit. 2014-04-29]. Dostupné z WWW: <http://odpadjeenergie.cz/getFile.aspx?itemID=226>.
- [9] KURAŠ, Mečislav. *Odpadové hospodářství*. Vyd. 1. Chrudim: Ekomonitor, 2008, 143 s. ISBN 978-80-86832-34-0.
- [10] Z3AŤÁK, Jan. *Technika a technologie zpracování odpadů*. [online]. 2014 [cit. 2014-05-6]. Dostupné z WWW: <http://odpady.tf.czu.cz/p/spalpevpal.pdf>.
- [11] MBÚ - Hlavní stránka. *MBÚ - Co je MBÚ?* [online]. [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.mbu.cz/cz/Cojembu.php>.
- [12] OBROUČKA, Karel. *Termické odstraňování a energetické využívání odpadů*. Dotisk 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, 2003, 143 s. ISBN 80-248-0009-8.
- [13] Energetické využití odpadu | SAKO [online]. [cit. 2014-05-6]. Dostupné z: <http://www.sako.cz/stranka/cz/79/energeticke-vyuzivani-odpadu/>.
- [14] SITA CZ a.s. - odpadové hospodářství, odpady [online]. [cit. 2014-05-6]. Dostupné z: <http://www.sita.cz/page/100.uvod/>.

---

[15] Souhrnná data o odpadovém hospodářství v ČR za rok 2012 - Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/cz/souhrnna\\_data\\_odpadove\\_hospodarstvi\\_2012](http://www.mzp.cz/cz/souhrnna_data_odpadove_hospodarstvi_2012).

[16] STAF, Marek: *Výzkum termické konverze odpadní biomasy na plyná a kapalná paliva*. *Biom.cz* [online]. 2005-01-12 [cit. 2014-02-12]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz-spalovani-biomasy/odborne-clanky/vyzkum-termicke-konverze-odpadni-biomasy-na-plynna-a-kapalna-paliva>. ISSN: 1801-2655.

[17] ŠEJVL, Radovan. *Energetické zplyňování a jeho cesta k vyšší účinnosti a energetickému využití odpadů*. [online]. 2014 [cit. 2014-05-6]. Dostupné z WWW: [http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Publikace\\_Technicke\\_systemy\\_pr\\_o\\_EVO\\_2009.pdf](http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Publikace_Technicke_systemy_pr_o_EVO_2009.pdf).

[18] VÁŇA, Jaroslav: Kompostování odpadů. *Biom.cz* [online]. 2002-01-14 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-odpadu>. ISSN: 1801-2655.

[19] VÁŇA, Jaroslav: Mechanicko - biologická úprava odpadů. *Biom.cz* [online]. 2003-04-10 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/mechanicko-biologicka-uprava-odpadu>.

[20] Vyhláška č. 294/2005 Sb., ze dne 11. Července 2005 o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů, Česká republika*. [cit. 2014-02-27] Dostupné z WWW: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-294>.

[21] Vyhláška č. 415/2012 Sb., ze dne 21. Prosince 2012 o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší. In: *Sbírka zákonů, Česká republika*. [cit. 2014-04-19] Dostupné z WWW: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-415>.

[22] Zákon č. 185/2001 Sb., ze dne 15. Května 2001 o odpadech a o změně a některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů, Česká republika*. [cit. 2014-02-27] Dostupné z WWW: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185>.

[23] Zákon č. 201/2012 Sb., ze dne 13. Června 2012 o ochraně ovzduší. In: *Sbírka zákonů, Česká republika*. [cit. 2014-04-19] Dostupné z WWW: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201>.

[24] Životní prostředí [online]. [cit. 2014-05-6]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/odpady/spalmal/zevo.jpg/>.

---

**Seznam použitých zkratk a symbolů**

Název	zkratka
Komunální odpad	KO
Ministerstvo životního prostředí	MŽP
Uhlík	C
Vodík	H
Chlor	Cl
Fluor	F
Síra	S
Dusík	N
Kyslík	O
Oxid uhelnatý	CO
Oxid uhličitý	CO <sub>2</sub>
Oxid siřičitý	SO <sub>2</sub>
Oxid dusný	NO
Chlorovodík	HCl
Polychlorované dibenzo-p-dioxiny a dibenzofurany	PCCD/F
Polychlorované bifenyly	PCB
Polycyklické aromatické uhlovodíky	PAU
Fluorovodík	HF
Oxidy dusíku	NO <sub>x</sub>
Methan	CH <sub>4</sub>
Tuhé znečišťující látky	TZL
Kadmium	Cd
Thalium	Tl
Rtuť	Hg